

В.В. Быковец, М.Н. Бойко, Е.Н. Власова, А.И. Михалев

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

В статье рассматриваются вопросы прогнозирования качества железорудных окатышей. Разработана нечеткая модель прогнозирования прочности железорудных окатышей.

Ключевые слова: окатыши, прочность, нечеткий вывод

Постановка задачи

Основными задачами управления процессом обжига железорудных окатышей являются выбор соответствующего удельного расхода газа и компенсация колебаний свойств загружаемых сырых окатышей и газодинамических характеристик слоя на конвейерной машине с целью обеспечения достаточного прогрева низа слоя и, тем самым, требуемого качества продукции при минимально необходимом энергопотреблении. Эти задачи управления могут быть решены достаточно полно только с применением математических моделей, описывающих теплофизику технологического процесса с учетом всех основных явлений, протекающих в объеме слоя. При этом большое значение уделяется выбору алгоритмов стабилизации и оптимизации процесса и методам определения основных параметров технологии, в первую очередь – прогнозированию качества обожженных окатышей [1-4].

Прочность обожженных окатышей зависит от химического состава сырья и температурного режима обжига, определяемого скоростями нагрева и охлаждения слоя, максимальной температурой обжига и временем обжига.

Зачастую при прогнозировании качества обожженных окатышей учитывается очень ограниченный набор параметров, как правило, температурно-временные показатели, что снижает точность прогнозирования. При этом остаются неучтенными многие факторы, в значительной мере влияющие на процесс формирования прочности окатышей. Так в разработанном способе управления процессом тер-

мообработки окатышей [5], включающем использование математической модели процесса, оценка качества окатышей производится только по распределению температуры в слое и в зависимости от степени достижения максимальной температуры, соответствующей максимальной прочности. При этом фактически не учитывается динамика набора прочности окатышами, а также проблематичным представляется определение температуры, требуемой для достижения максимальной прочности.

Ранее были построены функциональные зависимости между технологическими параметрами и прочностью обожженных окатышей [6]. Эти зависимости определяли методом группового учета аргументов (МГУА), являющихся усовершенствованием регрессионных методов идентификации за счет включения процедуры самоусложнения модели и оценки ее точности по заданному критерию по отношению к проверочной последовательности опытных данных. Использовали алгоритмы с последовательным выделением трендов и многорядный алгоритм, но полученные зависимости имели частный характер.

В работе [7] предложено оценивать прочность и истираемость окатышей после обжига с помощью уравнений, построенных на основе множественной регрессии. Приведенные уравнения регрессии носят локальный характер и не учитывают влияния многих важных факторов.

При управлении процессом обжига окатышей на конвейерной машине для выработки управляющих воздействий используется математическая модель процесса обжига [8], позволяющая прогнозировать прочность окатышей. Предусматривается периодическая адаптация математической модели путем коррекции коэффициентов в кинетических уравнениях теплообмена, физико-химических превращений и упрочнения окатышей. Однако фактически не учитывается возможность добавления в окатыши твёрдого топлива.

Математический аппарат теории нечетких множеств позволяет построить модель объекта, основываясь на нечетких рассуждениях и правилах. Нечеткие модели описывают явления и процессы реального мира на естественном языке с помощью лингвистических переменных. Эти преимущества обусловили широкое применение нечеткой логики для решения задач автоматического управления, принятия

решений, прогнозирования в различных прикладных областях науки, техники и экономики [9].

Таким образом, необходимо разработать нечеткую модель процесса влияния температуры обжига, основности, времени обжига, глинеземного и магнезиального модуля на прочность железорудных окатышей, которая была бы реализована в виде системы нечеткого вывода и позволяла бы исследовать их влияние на прочность железорудных окатышей.

Нечеткая модель прогнозирования прочности железорудных окатышей

Для решения задачи фаззификации предлагаются треугольные и трапециевидные функции принадлежности, поскольку входные величины могут относиться к нескольким оценкам, с разной степенью уверенности (рисунок 1)[10].

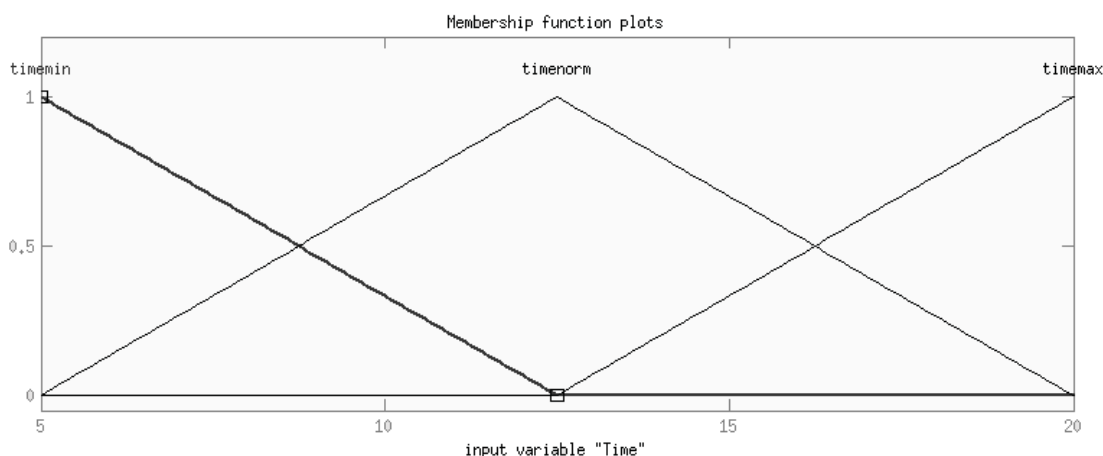


Рисунок 1 - Пример функции принадлежности для времени обжига окатышей

С учетом сделанных уточнений рассмотренная субъективная информация влияния температуры, времени обжига, основности, магнезиального и бентонитового модулей на прочность железорудных окатышей может быть представлена в виде 32 правил нечеткой продукции (алгоритм нечеткого вывода типа Мамдани).

Для анализа разработанной нечеткой модели и оценки влияния входных нечетких переменных на прочность железорудных окатышей использовались поверхности нечеткого вывода, приведенные на рис. 2, из которых следует экстремальный характер зависимости прочности обожженных окатышей от времени и температуры обжига, содержания бентонита и основности.

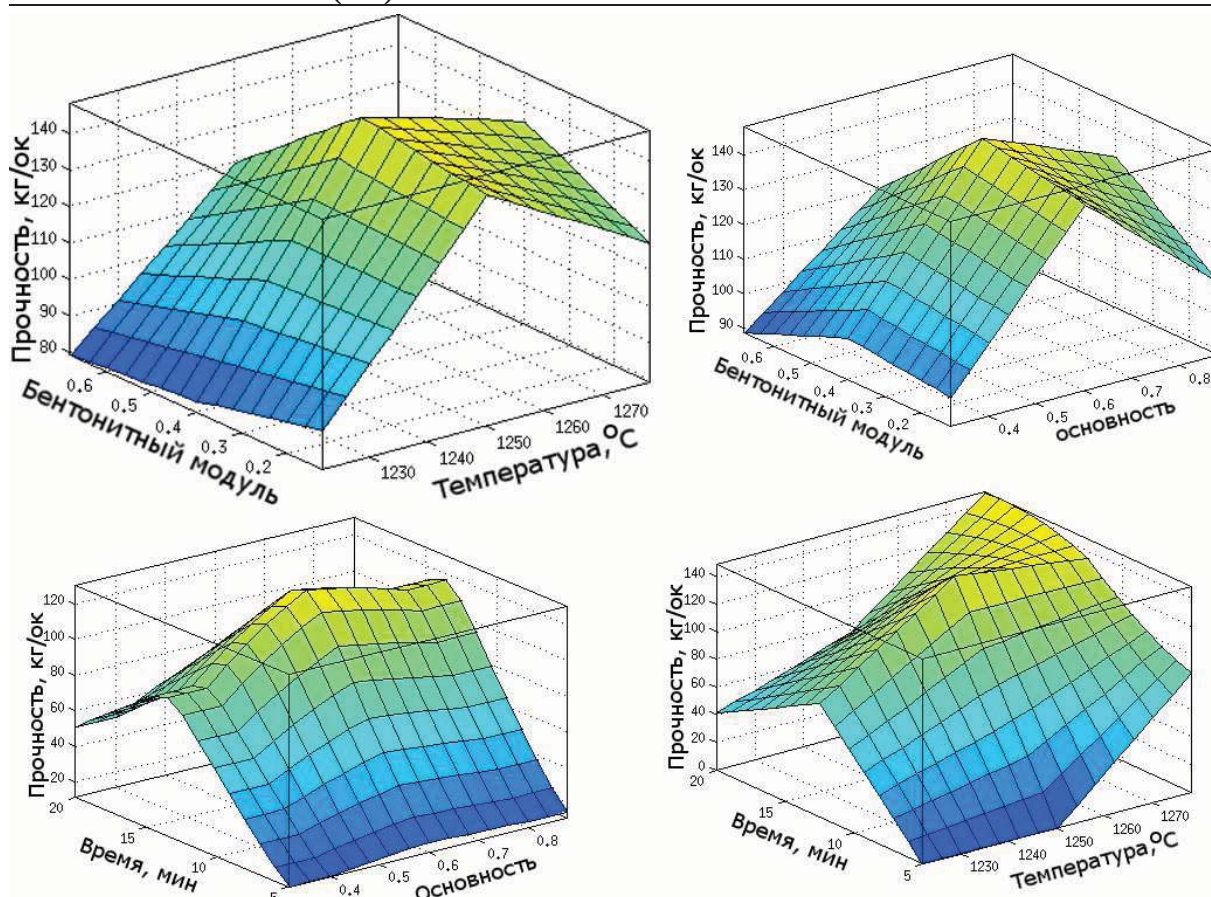


Рисунок 2 - Поверхности нечеткого вывода для разработанной нечеткой модели прогноза прочности окатышей

Выводы

1. Впервые для построения модели зависимости прочности железорудных окатышей применяется нечеткий подход, который позволяет повысить уровень информации о процессе на основании субъективных оценок экспертов.

2. Прочность окатышей увеличивается с уменьшением скоростей нагрева и охлаждения, увеличением (до определенного значения) времени обжига. Температурная зависимость является экстремальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жак А. Р. Интегральный показатель качества сырых окатышей // Известия ВУЗов. Чёрная металлургия.–1998.– № 5.– С. 6-10.
2. Жак А. Р. Интегральный показатель качества технологии производства железорудных окатышей (на примере Лебединского горно-обогатительного комбината) // Известия ВУЗов. Чёрная металлургия.–1998.– № 3.– С. 6-14
3. Боковиков Б. А. Математическое моделирование динамического процесса обжига окатышей на конвейерной машине // НИИ Металлургии тепло-техники.– 2002.– № 8.– С. 25-31.
4. Математические модели для управления процессом производства окатышей на конвейерной машине / Буткарев А.П., Буткарев А.А., Майзель Г.М., Некрасова Е.В. // Сталь. - 2000. - №3. - С. 10-13.
5. Патент РФ №2145435 С1. Способ управления процессом термообработки в установке для получения окатышей / Г.М. Майзель, А.П. Буткарев // Бюл. 2000 №4.
6. Управление окускованием железорудных материалов/ Ю.С. Юсфин, А.Д. Каменов, А.П. Буткарев.–М.: Металлургия, 1990.–280 С.
7. Автоматизация фабрик окускования железных руд и концентратов/ Н.В. Федоровский, В.В. Даньшин, В.И. Губанов и др.–М.: Металлургия, 1986.–206 С.
8. Буткарев А. П.. Майзель Г. М.. Некрасова Е. В.. Буткарев А. А. Математическое обеспечение АСУТП производства железорудных окатышей на конвейерных машинах // Сталь.– 1995.– № 4.– С. 67-75.
9. Новикова Е.Ю., Михалев А.И., Бубликов Ю.А. Нечеткая идентификация процесса микролегирования стали с карбонитридным упрочнением // Сучасні проблеми металургії: Наукові праці. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2006. – С. 113-127.
10. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика, искусственные нейронные сети: Учебное пособие. - М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001г. - 224с.